

# Comfort termico e pareti in laterizio con isolamento interposto

**La simulazione delle condizioni di comfort e delle dispersioni energetiche in edifici residenziali in zone climatiche temperate dimostra che per le pareti a doppio tavolato con isolamento interposto le prestazioni invernali non crescono proporzionalmente all'aumentare dello spessore dell'isolante termico e quelle estive possono anche risultare peggiori**

**L'**attività di ricerca, a cui si fa riferimento nel seguito, è estrapolata da un ampio studio, tuttora in corso, sulla valutazione del livello di comfort termico e del comportamento termoigrometrico in edifici residenziali siti nell'area sud-mediterranea (con specifico riferimento alla città di Roma). In particolare, lo studio si concentra sull'analisi di un modello semplice e si articola in tre parti:

- la *prima parte* prevede l'introduzione dei dati climatici di riferimento, la scelta dei materiali costruttivi e la ricerca delle relative caratteristiche termofisiche per la definizione di un database di materiali in ambiente ESP-r (programma di simulazione utilizzato);
- la *seconda parte* riguarda la costruzione, simulazione e successiva comparazione di 3 modelli caratterizzati da tipologie costruttive (elementi di tamponamento verticale e copertura) che si differenziano per lo spessore di isolamento termico adottato;
- la *terza parte*, in fase di completamento, è relativa allo studio dell'orientamento del modello e alla valutazione del comfort termico nella stagione estiva con l'applicazione e la simulazione di strategie per la ventilazione naturale.

La metodologia, utilizzata nella prima parte della ricerca, valuta l'influenza dell'isolamento e dell'inerzia termica dell'involucro edilizio sulle condizioni termoigrometriche e di comfort negli ambienti considerati, cercando quindi di individuare la tipologia atta a garantire il valore di trasmittanza ideale per la determinazione di condizioni interne ottimali durante il periodo invernale e, al contempo, una diminuzione dei consumi energetici.

Una successiva fase della ricerca si occuperà dello studio della ri-

duzione del fenomeno del surriscaldamento estivo, grazie all'identificazione e applicazione di un'efficace strategia di ventilazione naturale, integrata all'utilizzo di dispositivi di oscuramento.

**Geometria del modello** La tipologia edilizia scelta è quella di una casa unifamiliare a due piani.

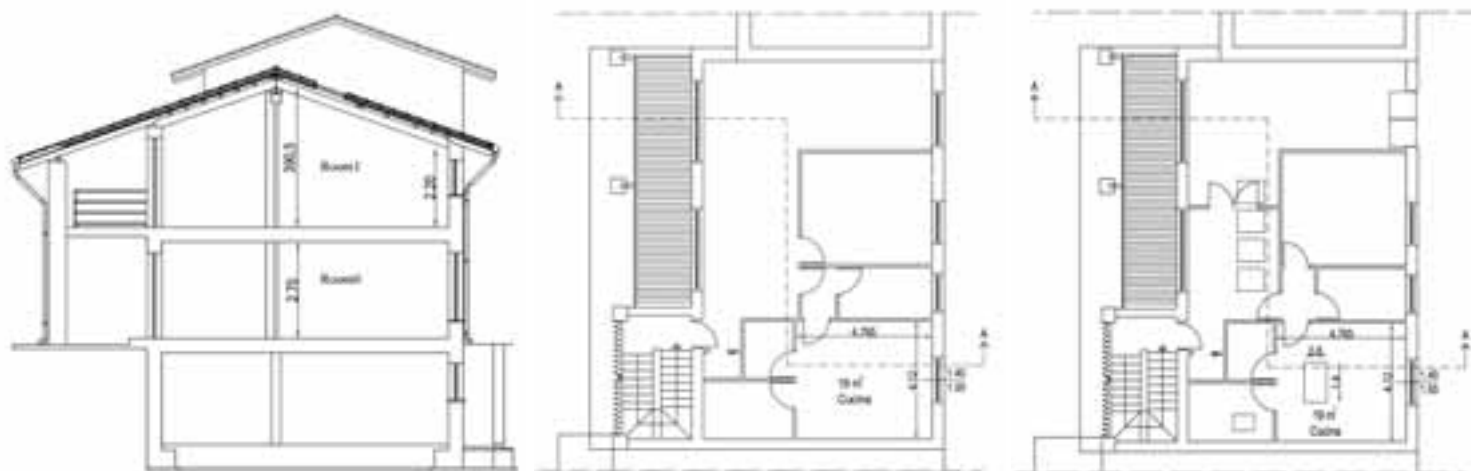
Il modello simulato è costituito da due stanze contigue, una al piano terra e una al primo piano; ad entrambe è stata attribuita la destinazione d'uso "cucina"<sup>(1)</sup>.

Le due stanze – *room 0* ubicata al piano terra e *room 1* ambiente sottotetto al primo piano – hanno la stessa superficie utile (19,61 m<sup>2</sup>) e identica superficie vetrata totale (2,66 m<sup>2</sup>), mentre presentano una differente distribuzione delle superfici trasparenti (tab. 1).

Il piano terra è caratterizzato da una sola apertura vetrata in facciata; l'ambiente sottotetto presenta una finestra in facciata e due finestre in copertura.

**Materiali costruttivi utilizzati** Per la realizzazione dell'archivio materiali il software ESP-r richiede la definizione di "pacchetti costruttivi" in cui vengano indicati i diversi componenti: spessore, conducibilità termica, densità, calore specifico, coefficiente di assorbimento. Dall'analisi dei suddetti valori il programma calcola la trasmittanza termica relativa al pacchetto costruttivo considerato.

Nella realizzazione dei modelli analizzati sono stati presi in considerazione tre diverse tipologie di muratura "a cassetta" in laterizio, differenziate per tipologia di isolamento termico (intercapedine di 4 cm con sola aria,  $U = 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ; isolamento di 4 cm,  $U = 0,42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ; isolamento di 8 cm,



Sezione A-A da cui sono state estrapolate le due stanze (misure in m).

Pianta del piano terra (misure in m).

Pianta del piano primo (misure in m).

$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), e una tipologia di copertura inclinata in tegole di laterizio su solaio in latero-cemento (isolamento di 4 cm,  $U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

In tutti i casi sono stati utilizzati solai intermedi in latero-cemento ( $U = 1,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e partizioni interne in laterizio forato ( $U = 1,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Per quanto riguarda le superfici trasparenti, è stato scelto un vetrocamera 4/6/4 ( $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Attraverso la combinazione dei diversi elementi costruttivi, si è arrivati alla definizione di tre modelli differenti (tab. 2).

**Internal gains** Nella simulazione sono stati considerati gli *internal gains* che rappresentano il guadagno energetico all'interno delle zone dovuto alla presenza di persone/occupanti, di componenti elettriche e non (*equipment*) e del sistema di illuminazione artificiale. In tutti i modelli analizzati, gli *internal gains* associati alle zone sono quelli relativi ad un ambiente destinato ad uso cucina che si ipotizza occupato da 4 utenti adulti. La considerazione del calore ceduto all'ambiente da occupanti, apparecchi di illuminazione e d'uso domestico è fondamentale per una corretta simulazione relativa alle temperature e al livello di comfort interno (tab. 3).

**Sistema di controllo del riscaldamento** L'analisi prevede la simulazione dei modelli nel periodo invernale (dal 1 gennaio al 15 aprile) senza e con sistema di riscaldamento, permet-

tendo in questo modo di valutare l'influenza delle diverse tipologie di isolamento utilizzate, sia in relazione alle condizioni di comfort che ai consumi energetici ottenuti.

Il sistema per il controllo del riscaldamento considera l'accensione del sistema per un numero massimo di 15 ore, come indicato dal DPR 412-1993 per la città di Roma (zona energetica D).

L'attività dell'impianto nell'arco della giornata è regolata come di seguito:

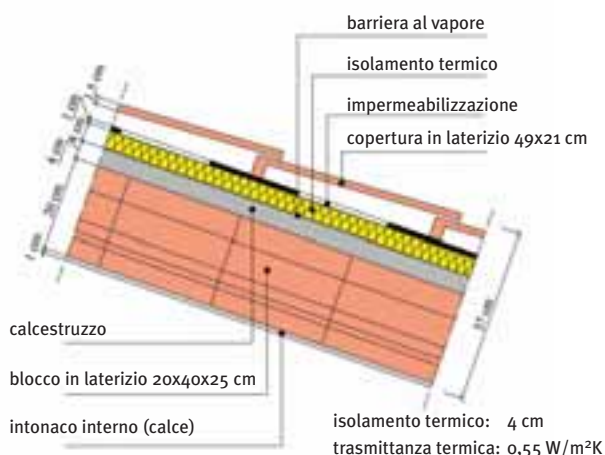
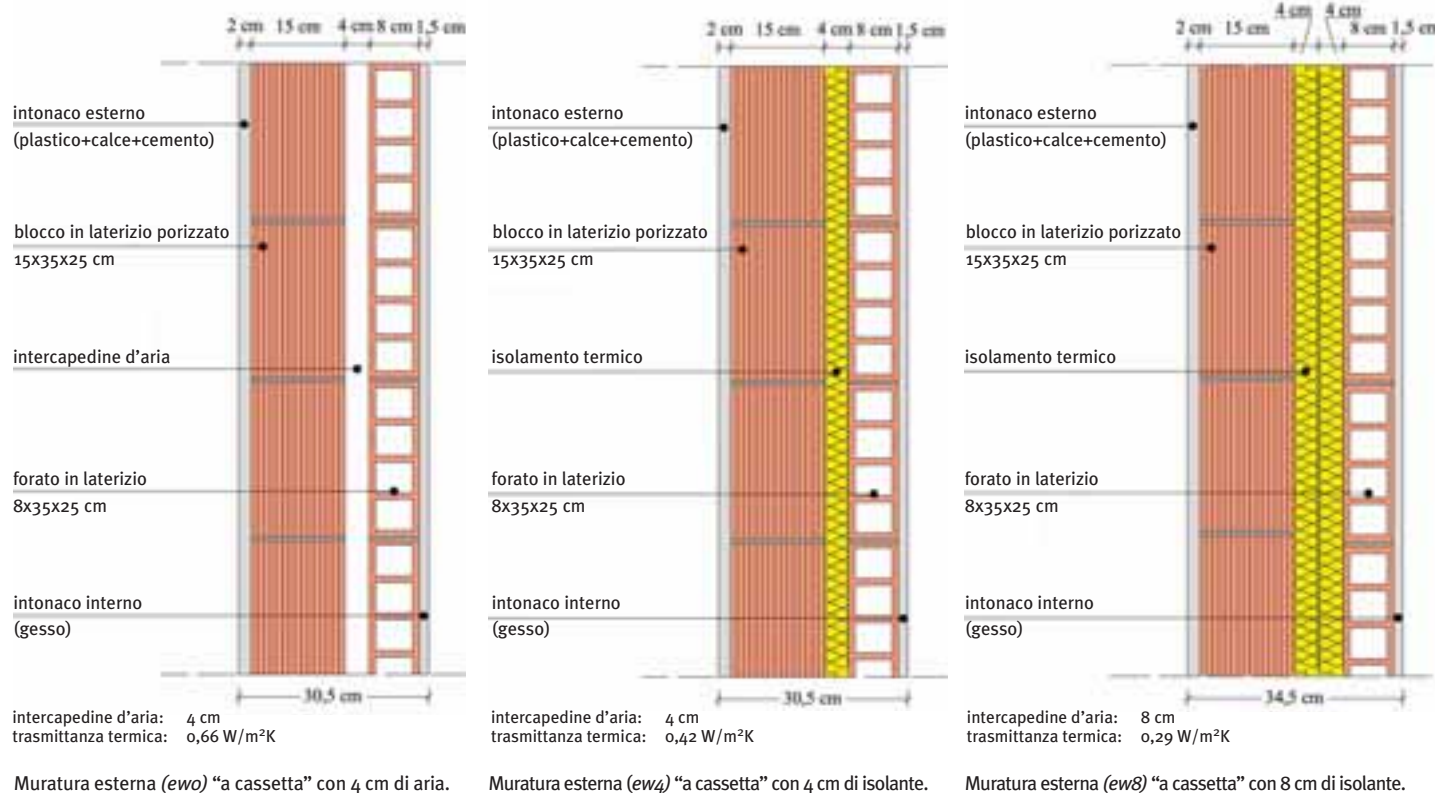
dalle 0:00 alle 6:00 (riscaldamento spento);  
dalle 6:00 alle 9:00 (riscaldamento in controllo);  
dalle 9:00 alle 13:00 (riscaldamento spento);  
dalle 13:00 alle 22:00 (riscaldamento in controllo);  
dalle 22:00 alle 0:00 (riscaldamento spento).

Nel programma ESP-r il sistema di controllo del raffrescamento e del riscaldamento è unico e regola il funzionamento degli impianti in base alla temperatura a bulbo secco registrata nelle zone. Per il riscaldamento invernale la temperatura di set-point è di  $22^\circ \text{C}$ : quindi l'impianto, durante i periodi di accensione, si spegne quando la temperatura interna raggiunge i  $22^\circ \text{C}$ .

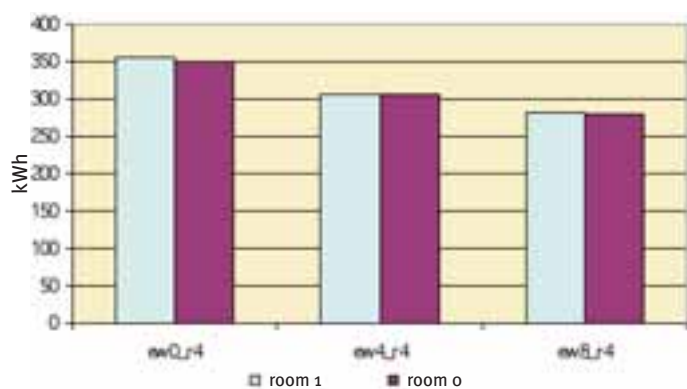
Nel caso studiato non sono stati previsti dispositivi di raffrescamento dal momento che una successiva parte della ricerca sarà finalizzata allo studio della ventilazione naturale e alla conseguente valutazione del comfort interno mettendo a confronto ambienti standard con ambienti sottotetto.

## 1 Caratterizzazione delle due stanze utilizzate nel modello di simulazione.

| Zona   | Descrizione           | Nome in ESP-r | Area pavimento [ $\text{m}^2$ ] | Area superfici [ $\text{m}^2$ ] |                                 |                                 |
|--------|-----------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|        |                       |               |                                 | Superfici opache                | Superfici trasparenti verticali | Superfici trasparenti sul tetto |
| Zona 1 | Cucina al piano terra | room 0        | 19,61                           | 84,51                           | 2,66                            | —                               |
| Zona 2 | Cucina al primo piano | room 1        | 19,61                           | 91,95                           | 1,40                            | 1,20                            |



Solaio di copertura (r4) in latero-cemento con 4 cm di isolamento.



I consumi energetici dovuti al riscaldamento, durante la stagione invernale, nelle diverse simulazioni svolte.

**Ventilazione** In questa fase della ricerca la simulazione è effettuata valutando un valore di infiltrazione imposta pari a 0,5 ricambi/ora senza mai considerare l'apertura delle finestre e i conseguenti effetti della ventilazione naturale. Una ipotesi di questo tipo porta a valutare il comportamento dell'involucro edilizio nelle peggiori condizioni mettendo in evidenza l'influenza delle diverse soluzioni adottate.

**Risultati (periodo invernale)** Sono stati elaborati i dati riguardanti il bilancio energetico attraverso una serie di tabelle in cui sono considerati guadagni e perdite energetiche dovute a:

- infiltrazioni;
- presenza delle persone;
- sistema di illuminazione artificiale;
- attrezzature (elettriche e non);
- proprietà convettive delle superfici opache e trasparenti;
- impianti.

Dall'analisi dei dati del bilancio energetico si deduce che:

- i consumi dovuti al riscaldamento diminuiscono all'aumentare dello spessore dell'isolamento termico;
- un isolamento della muratura di 4 cm comporta un notevole abbassamento dei consumi energetici (13%) rispetto al caso con sola intercapedine d'aria;
- il raddoppio dello spessore dell'isolamento (8 cm) determina una modesta diminuzione dei consumi (8%) rispetto alla soluzione con 4 cm.

Supponendo di utilizzare 4 cm d' intercapedine d'aria, si avranno spese iniziali ridotte ma alti consumi energetici per

## 2 Elenco e descrizione dei modelli analizzati.

| Codice | Tipologie costruttive  |
|--------|--|
| ew0_r4 | Modello con muratura esterna a cassetta, privo di materiale isolante e tetto con isolamento di 4 cm    |
| ew4_r4 | Modello con muratura esterna a cassetta, con 4 cm di materiale isolante e tetto con isolamento di 4 cm |
| ew8_r4 | Modello con muratura esterna a cassetta, con 8 cm di materiale isolante e tetto con isolamento di 4 cm |

## 3 Descrizione degli *internal gains*.

|                                       | Tipologia       | Inizio [h] | Fine [h] | Potenza sensibile (kW) | Potenza latente (kW) | % radiativa | % convettiva |
|---------------------------------------|-----------------|------------|----------|------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| Giorni<br>settimanali<br>+<br>weekend | apparecchiature | 0,00       | 24,00    | 38,60                  | 0,00                 | 30%         | 70%          |
|                                       |                 | 7,00       | 9,00     | 80,00                  | 20,00                | 50%         | 50%          |
|                                       |                 | 12,00      | 14,00    | 80,00                  | 20,00                | 50%         | 50%          |
|                                       |                 | 19,00      | 21,00    | 80,00                  | 20,00                | 50%         | 50%          |
|                                       | luci            | 7,00       | 8,00     | 100,00                 | 0,00                 | 80%         | 20%          |
|                                       |                 | 19,00      | 21,00    | 100,00                 | 0,00                 | 80%         | 20%          |
|                                       | occupanti       | 7,00       | 9,00     | 380,00                 | 180,00               | 20%         | 80%          |
|                                       |                 | 12,00      | 14,00    | 380,00                 | 180,00               | 20%         | 80%          |
|                                       |                 | 19,00      | 21,00    | 380,00                 | 180,00               | 20%         | 80%          |
|                                       |                 |            |          |                        |                      |             |              |

riscaldamento e scarse condizioni di comfort interno.

D'altra parte l'uso di 8 cm di isolamento non è consigliabile poiché in rapporto ad un prezzo iniziale più elevato non si determina un apprezzabile risparmio energetico rispetto al caso con 4 cm di isolante termico.

Il modello *ew4\_r4* risulta, pertanto, la migliore soluzione in termini di costi-benefici.

La temperatura si mantiene costante con un valore di 22° C per tutto il tempo in cui l'impianto di riscaldamento è in funzione. Sulla base delle simulazioni svolte, le temperature minime interne registrate sono sempre superiori, in in-

verno, negli ambienti piano terra (*room 0*) e comunque crescenti al crescere del livello di isolamento. In estate, al contrario, sono gli ambienti sottotetto (*room 1*) che accusano le temperature massime più alte, peraltro tanto maggiori quanto minore è la trasmittanza delle pareti (isolamento più spinto), mettendo in evidenza il fenomeno del surriscaldamento nel periodo estivo.

Un successivo studio relativo alle strategie di ventilazione naturale diurna e notturna, associata ad opportuni sistemi di schermature, consentirà di valutare più attentamente il comfort interno durante la stagione estiva. ¶

|           |        |          |  |                |             |                |             |                |             |
|-----------|--------|----------|--|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
|           |        | Muratura |  |                |             |                |             |                |             |
|           |        |          |  | U = 0,66 W/m²K |             | U = 0,42 W/m²K |             | U = 0,29 W/m²K |             |
| Copertura |        |          |  | T max (°C)     | T min. (°C) | T max (°C)     | T min. (°C) | T max (°C)     | T min. (°C) |
|           | room 0 |          |  | 37,41          | 9,83        | 38,92          | 10,13       | 39,03          | 10,38       |
|           | room 1 |          |  | 39,45          | 9,64        | 40,07          | 9,91        | 40,22          | 10,14       |

### Nota

1. La scelta della destinazione d'uso è strettamente connessa alla valutazione degli *internal gains*.

Temperature massime (estate) e minime (inverno) nei modelli analizzati, in assenza di impianti di climatizzazione.